荔枝灌溉管理之研究

蔡耀賢[1,*]、向為民[1]、柯昱成[2]、張哲瑋[2]

1 農業部農業試驗所農業化學組
2 農業部農業試驗所嘉義農業試驗分所
*聯繫人 e-mail: sin310217@tari.gov.tw

針對荔枝不同物候期設定作物係數，停梢期及花芽分化期為 0.4、生殖生長期為 0.9、營養生長期 0.7 以估算荔枝不同生長階段需水量，而荔枝灌溉水量可依據試驗田 60 cm 深之土壤質地分析，估算土壤有效含水量為 144.8 mm，容易有效水分含量為 86.9 mm，推算單次灌溉需水量約為 102 mm，在 2025 年降雨量雖高達 2504.5mm 但降雨分配極不均勻，夏季降雨高度集中 5 月起雨量倍增至 94.5 mm，隨後進入 6 月至 9 月的強降雨期，但秋冬季至隔年春季則面臨嚴峻的氣象乾旱降雨量極度稀少，特別 11 月至 12 月幾乎無雨，1 月至 4 月雖有回升但仍維持在低檔，以 CROPWAT 8.0 分析嘉義農業試驗分所 2025 年氣象實測數據，可得到推薦灌溉時期為 4/21、5/19、9/15、10/8、11/6 及 12/15 日進行灌溉。

關鍵字：荔枝、灌溉、水分管理

引言

在全球暖化與氣候變遷影響下，極端天氣事件日益頻繁且降雨時空分布不均，使果園灌溉需求與水資源管理愈加重要，因此掌握土壤特性與作物需水量成爲灌溉需求估算與水資源規劃的關鍵（Pereira *et al*., 2009；Dono *et al*., 2013），作物需水量可由作物係數與參考蒸散量推估，而灌溉需水量則爲扣除有效降雨後，爲滿足作物蒸散需求且維持產量所需補充的水量（Rao & Chandran, 1977）。荔枝爲臺灣重要高經濟價值果樹，種植面積約 1 萬公頃，年產值達 30—40 億新台幣；然而，近年氣候變遷導致氣溫上升與降雨型態改變，使產量波動加劇，甚至可能降至預期產量的 30%以下（Teng, 2005；Ghosh, 2001；)。研究亦指出，氣候因素對作物產量與品質具有顯著影響（Solomon *et al*., 2009；Kumar, 2014；Huang *et al*., 2019；)，因此在水資源可能日益受限的情況下，需透過掌握作物需水特性、導入創新灌溉技術、調整栽培模式並優化灌溉系統，以降低灌溉用水量並提升整體水資源利用效率（Jabeen *et al*., 2022；Si *et al*., 2020）。

土壤灌溉量估算

土壤有效含水量可由 Morris (2002)灌溉指引土壤質地與土壤水分有效含水量查表進行估算(如表 1)，以嘉義分所荔枝試驗田(23.484806, 120.474293)爲例，經土壤調查顯示主要根系集中於 60 cm 以上土層，其表土 0—16cm 質地爲壤土，剖面 16 cm 以下之土壤質地均屬粘重的黏土類土壤，上層(0-16cm)壤土土壤有效水分含量爲 2(in/ft)，底層(16-75cm)坋質黏壤土土壤有效水分含量爲 2.4(in/ft)，土層以 60 cm 計算其土壤有效水量估計值爲 114.7mm，容易有效水分含量(Readily available moisture)或允許消耗的有效水分含量(Permissible deficit or depletion of soil available water)爲易於被植物吸收沒有任何導致產量減損的壓力的部分，一般占總有效水分含量的 20—70%，可以是總有效水分含量乘以 P 的乘積估算，深根大田作物和成熟的果樹爲 0.40—0.60，估算容易有效水分含量 68.8 mm，最後將其水量除以灌溉效率，灌溉效率以滴灌 0.85 進行計算(Howell 2003)，1 次灌溉需水量約爲 80 mm，可在不同時期進行灌溉需求評估，當作物蒸發散量達 68.8 mm 時即可進行單次灌溉約爲 80 mm 灌溉，相當於 80 Mg ha-1。

表 1.土壤質地與土壤有效含水量(Morris, 2002)

Soil texture	Available Water Capacity	
	(in/ft)	(mm/mm)
Coarse Sand, Sand	0.25	≈0.0208
Loamy Sand	0.85	≈0.0708
Sandy Loam	1.45	≈0.1208
Loam, Silt	2.0	≈0.1667
Silt Loam	2.4	0.2

荔枝需水量估算

作物蒸發散量(ETc)是作物因蒸發與蒸散所消耗之水量，可由作物係數(Kc)與參考蒸發散量(ET0)估算，而需水量受作物種類、生育階段與環境條件影響；即使在相同氣候條件下，不同作物及其不同生育期亦具有差異化的作物係數，故可透過氣象資料推算參考蒸散量，進而估算各生育時期之作物用水需求。荔枝的作物係數，依照南非的量測資料，在 0.4—1.2 之間，並沒有季節性趨勢，參考學者專家所發表 Kc 值，本研究將 Kc 值設定爲停梢期及花芽分化期爲 0.4(11 月至隔年 2 月)、生殖生長期爲 0.9(3—6 月)、營養生長期 0.7(7—10 月) (Carr &Menzel 2013; Pereira *et al.* 2024)。以嘉義農業試驗分所 2025 年的氣象資料可計算出各生育期的作物需水量(ETcrop) ，11 月至隔年 2 月爲停梢期及花芽分化期 2025 年作物需水量分別爲 140 mm，3—6 月爲生殖生長期 2025 年作物需水量爲 534 mm，7—9 月爲營養生長 2025 年作物需水量分別 418 m，合計年度作物需水量分別爲 1091 mm(表 2)。

表 2.以 CROPWAT 模型估算荔枝生長期與作物需水量

Growth stage	month	Crop evapotranspiration (mm)
Terminal bud period & Flower bud differentiation period		140
	November	39
	December	37
	January	31
	February	33
Reproductive growth phase		534
	March	119
	April	132
	May	147
	June	136
Vegetative growth period		418
	July	113
	August	112
	September	98
	October	95
	Total	1091

以 CROPWAT 進行荔枝灌溉排程模擬

CROPWAT 8.0 是由聯合國糧農組織的專家所建立及開發的軟體，被世界各國廣泛的運用於評估作物灌溉需水量，該軟體是以 Penman–Monteith 公式爲基礎，蒐集當地氣象資料如氣溫(℃)、濕度(%)、風速(km/day)及日照(hours)等資料，可用以模擬荔枝蒸發散量及灌溉需水量，進而規劃荔枝的灌溉排程，以嘉義分所荔枝園 2025 年爲例，該年度雖然降雨量高達 2504.5mm 但降雨分配極不均勻，夏季降雨高度集中 5 月起雨量倍增至 94.5 mm，隨後進入 6 月至 9 月的強降雨期。其中 7 月份降雨量高達 1087 mm，佔全年總雨量的 45%以上，但秋冬季至隔年春季則面臨嚴峻的氣象乾旱降雨量極度稀少，特別是從 10 月開始驟降至 1 mm，隨後 11 月至 12 月幾乎無雨，1 月至 4 月雖有回升但仍維持在低檔（25.0 -69.0 mm 之間）(圖 1)，雖然 2025 年總雨量充裕，但存在水分供需不均的情形在不同物候期極爲顯著，本研究利用 CROPWAT 8.0 進行荔枝灌溉排程模擬，其結果如圖 2 所示，圖中藍色柱狀圖代表每月累積降雨量，數值範圍介於 0 至 1200 mm；深紅色折線圖則表示土壤水分消耗量，最上方之 0 mm 代表土壤水分達到完全飽和或田間容水量狀態，曲線愈往下延伸，數值愈大，則表示土壤水分的消耗與虧缺愈嚴重，爲有效維持荔枝的產量與果實品質，2025 年模擬灌溉排程於土壤水分消耗接近臨界時採取一次 80 mm 灌溉建議，設定之灌溉時間點分別爲 4 月 21 日、5 月 19 日、9 月 15 日、10 月 8 日、11 月 6 日及 12 月 15 日，每次均進行 80 mm 的定量灌溉補充，以確保荔枝各生育關鍵期之水分需求獲得滿足。

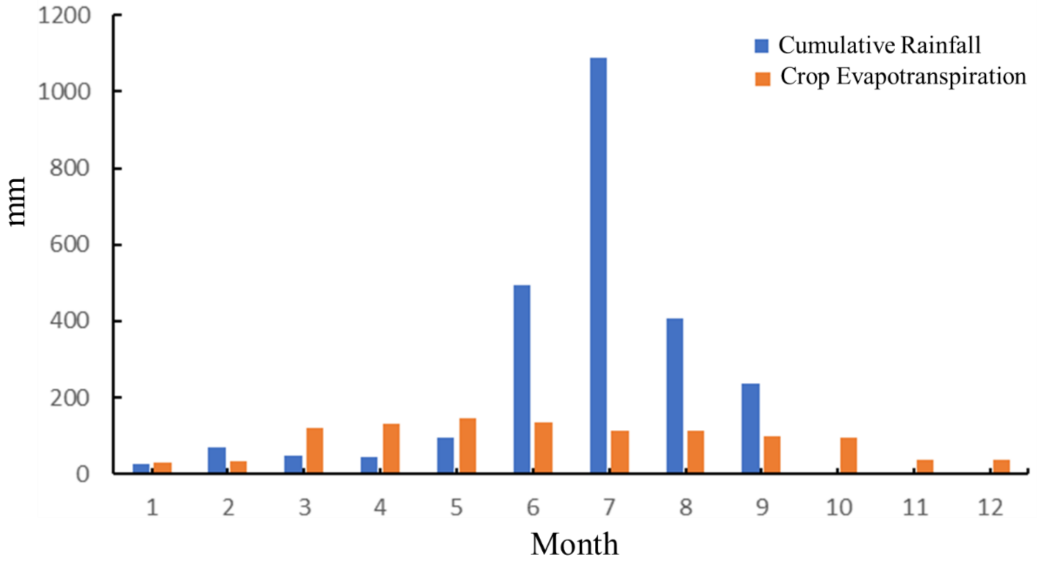

圖 1.2025 年各月份累積雨量及作物蒸發散量。

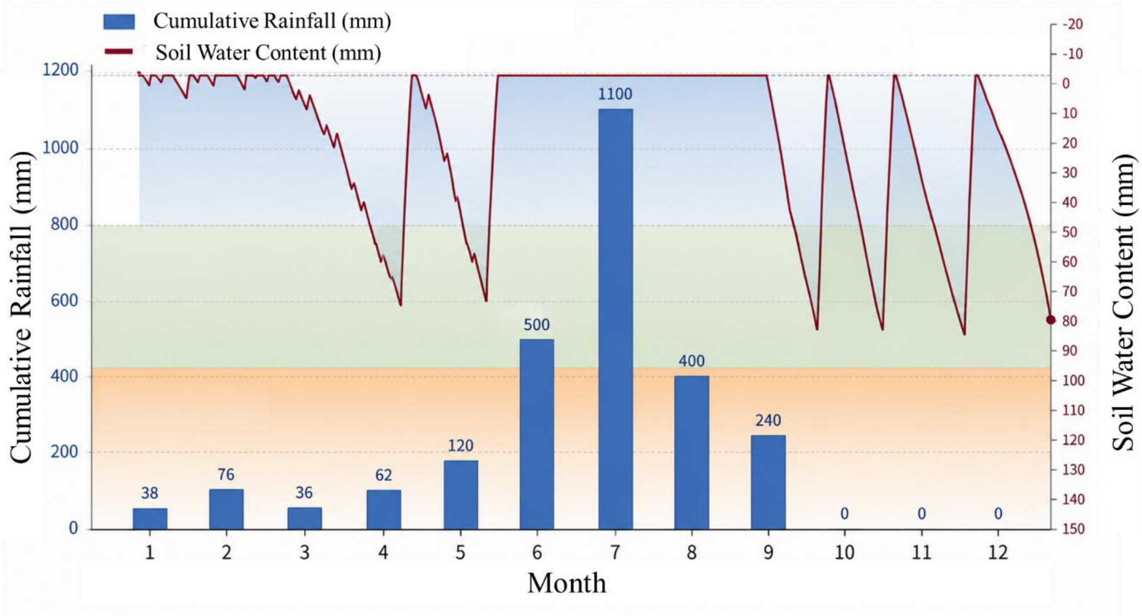

圖 2.荔枝灌溉排程模擬。

結語

從 2025 年嘉義分所之模擬結果，雖然該年度總雨量雖充裕但並不等同於作物水分安全，降雨分配不均所導致的季節性乾旱才是影響荔枝產量的核心威脅，即便在年降雨量破兩千毫米的豐雨年份，若缺乏科學化的灌溉介入，作物仍會因無效降雨與秋冬季的氣象乾旱而遭遇水分逆境，透過確立精準計算土壤有效容水量估算出單次所需灌溉水量可將傳統經驗灌溉轉化為可量化的數據決策，在 2025 極端氣候背景下模擬出 6 個關鍵灌溉起始點，此種精準的排程能有效降低作物遭受乾旱逆境的風險。此模式不僅為嘉義地區荔枝產業提供穩產與優質的技術支撐，更可作為台灣未來因應氣候變遷、優化農業水資源配置之參考。

參考文獻

Carr, M. K. V., and C. M. Menzel. 2014. The water relations and irrigation requirements of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.): A review. Exp. Agric. 50(4):481–497. doi:10.1017/S0014479713000653

Dono, G., R. Raffaele C., Luca D., Luca G., Luigi L., Massimiliano P., and Pier Paolo R. 2013. An integrated assessment of the impacts of changing climate variability on agricultural productivity and profitability in an irrigated Mediterranean catchment. Water Resour. Manag. 27:3607–3622. doi:10.1007/s11269-013-0367-3

Ghosh, S. P. 2001. World trade in Litchi: past, present and future. Acta Hort. 588:23–30. doi:10.17660/ActaHortic.2001.558.1

Huang, F., T. Du, S. Wang, X. Mei, D. Gong, Y. Chen, and S. Kang. 2019. Current situation and future security of agricultural water resources in North China. Chin. Eng. Sci. 21(05):28–37. doi:10.15302/J-SSCAE-2019.05.024

Jabeen, M., S. R. Ahmed, and M. Ahmed. 2022. Enhancing water use efficiency and grain yield of wheat by optimizing irrigation supply in arid and semi-arid regions of Pakistan. Saudi J. Biol. Sci. 29(2):878–885. doi:10.1016/j.sjbs.2021.10.018

Kumar, R. 2014. Effect of climate change and climate variable conditions on Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) productivity and quality. Acta Hortic. 1029(1029):145–154. doi:10.17660/ActaHortic.2014.1029.16

Paula Cassel, D. K., and D. R. Nielsen. 1986. Field capacity and available water capacity. p. 901–926. In: Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods. (A. Klute). SSSA and ASA. Madison, Wisconsin, U.S.A. 1188 pp. doi:10.2136/sssabookser5.1.2ed.c36

Pereira, L. S., I. Cordery, and I. Iacovides. 2009. Coping with Water Scarcity: Addressing the Challenges. Springer Dordrecht. 382 pp. doi:10.5860/CHOICE.47-1437

Pereira, L. S., P. Paredes, C. M. Oliveira, F. Montoya, R. L. Urrea, and M. Salman. 2024. Single and basal crop coefficients for estimation of water use of tree and vine woody crops with consideration of fraction of ground cover, height, and training system for Mediterranean and warm temperate fruit and leaf crops. Irrigation Science 42:1019–1058.

R. Subba and M. S. Chandran. 1977. Crop Water Requirements. Agrometeorological Data Collection, Manag. Anal. J. 51. 159 pp.

Si, Z., M. Zain, F. Mehmood, G. Wang, Y. Gao, and A. Duan. 2020. Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. Agric. Water Manag. 231:106002. doi:10.1016/j.agwat.2020.106002

Solomon, S., G. K. Plattner, R. Knutti, and P. Friedlingstein. 2009. Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. Proc. Nat. Acad. Sci. 106:1704-09. doi:10.1073/pnas.0812721106

Teng, Y. S. 2005. Lychee Production in Taiwan. Acta Hort. 665:43–46. doi:10.17660/ActaHortic.2005.665.3

Research on Irrigation Management of Lychee

Yau-shian Tsai[1], Wei-Min Siang[1], Yu-Cheng Ko[2], and Jer-Way Chang[3,*]

1 Assistant Researcher, Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture; sin310217@tari.gov.tw
2 Researcher and Branch Director, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute , Ministry of Agriculture; jerway@tari.gov.tw
* Correspondence: axyz0852406@tari.gov.tw;

Abstract

Crop coefficients (Kc) were established for various phenological stages of lychee: 0.4 for the Terminal bud period & Flower bud differentiation period, 0.9 for the reproductive growth stage, and 0.7 for the vegetative growth stage to estimate water requirements at each phase. Based on soil texture analysis at a depth of 60 cm in the experimental field, the Total Available Water (TAW) was estimated at 144.8 mm, with a Readily Available Water (RAW) content of 86.9 mm. Consequently, the calculated water requirement per irrigation event is approximately 102 mm. Although the total annual rainfall in 2025 reached 2504.5 mm, the distribution was extremely uneven. Summer precipitation was highly concentrated, with rainfall doubling to 94.5 mm in May, followed by a period of heavy rainfall from June to September. Conversely, a severe meteorological drought occurred from autumn through the following spring; rainfall was extremely scarce, particularly in November and December, which saw almost no precipitation. While rainfall slightly increased from January to April, it remained at a low level. Finally, using CROPWAT 8.0 to analyze the 2025 measured meteorological data from the Chiayi Agricultural Experiment Branch, the recommended irrigation dates were determined to be April 21, May 19, September 15, October 8, November 6, and December 15.

Keywords: Lychee; Irrigation; Water management